

# 夏期北極海氷上におけるメルトポンドの割合と熱収支

田中 康弘, 館山 一孝, 榎本 浩之 (北見工大), 牛尾 収輝 (極地研)

## Rate of Melt Pond and Heat Balance during summer in the Arctic

Yasuhiro Tanaka, Kazutaka Tateyama, Hiroyuki Enomoto (Kitami Institute of Technology),

Shuki Ushio (National Institute of Polar Research)

**Abstract:** A number of melt ponds is formed in arctic sea ice surface with arctic sea ice area decreases. There seems to be promote of melting, and absorption of the sunlight on the sea ice increases by a feedback effect when rate of melt pond on the sea ice increase. This study analyzed melt pond and its heat balance by using icebreaker in situ data in the Arctic Ocean by the plural projects in summer of 2005, 2008 and 2009. Sea ice and melt pond distribution were obtained by the front camera image on boarded on icebreaker. Heat balance calculation is obtained by using weather data. The following results were obtained: in 2005, melt pond is formed even near the North Pole. In 2008, latitude is the higher, the increaser tendency ice concentration was higher. In 2009, melt pond was not seen because observation started after the start of freezing. As a result of heat balance calculation in 2005, freezing rate was 11.5% reduces as a maximum due to melt pond.

### 1. はじめに

近年、北極海では海氷面積の減少とともに、北極海氷表面のメルトポンド（水溜り）が増加傾向にある。海氷上のメルトポンドの割合が増加するとフィードバック効果により海氷上での日射吸収量が増加し、より海氷融解を促進させると考えられる。また、メルトポンドの形成により海氷を日射が透過しやすくなり、海洋を暖めている(Inoue, 2008)という報告もされている。このメルトポンドは北極点近くまで形成されおり (Perovich, 2005), これは衛星観測でも予測されている(館山, 2008 雪氷研究大会)。そのため、北極の気候変動を理解するには、メルトポンドの定量的な取り扱いが必要である (Curry et al., 1995; 2001)。本研究ではメルトポンドによるフィードバック効果を定量的に評価するため、複数の砕氷船上の現場観測から得られた画像・気象データを元に、船前方の海氷状況を撮影したカメラ画像を画像処理で定量測定を行い、海氷上のメルトポンドの割合を明らかにする。また、熱収支計算を行い、メルトポンドが結氷に与える影響についても明らかにする。

### 2. 観測地点と使用データ

北極海氷観測は2005年アメリカの観測プロジェクトHOTRAX2005により8月から9月、2008年中国観測隊により8月9日から9月4日、2009年カナダの観測プロジェクトJOIS2009により9月17日から10月15日の期間、図1のような航跡上で実施された。取得した現場観測データは、船上前方の海氷状況を撮影した画像(2005年は5分、2008・2009年は10分インターバルで取得)、気象データ(日射量[2008年のみ]、気温、湿度、気圧、風速)、海面又は海氷表面温度である。

### 3. 解析方法

船上前方画像から海氷状況と全雲量を自動判別するプログラムを開発した。図3に画像(図2)から海氷、メルトポンド、開水面の割合算出の方法を示す。全雲量は図2①の範囲について、(高野, 2007)を参考に1×1ピクセルの彩度(鮮やかさ)を求め、決定した閾値により、各ピクセルの雲の有無を判別し、図2①の範囲全体の全雲量を算出する。熱収支は、バルク式(経験式)を使用して求めた短波放射・長波放射・顕熱フラックス・潜熱フラックスの4成分を求める。メルトポンド、海氷、開水面の反射率はそれぞれ0.36, 0.7, 0.07の定数を与えた。また、大気への熱損失はすべてメルトポンド

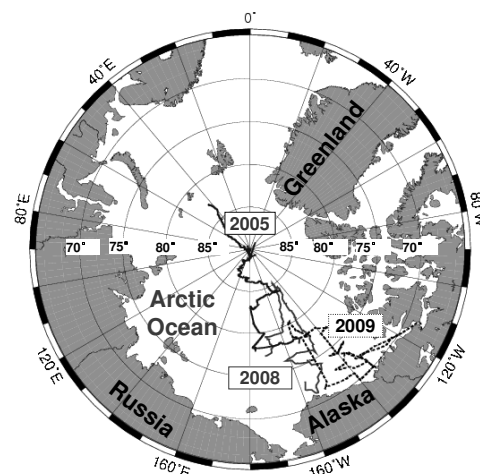


図1 各年における砕氷船の航跡

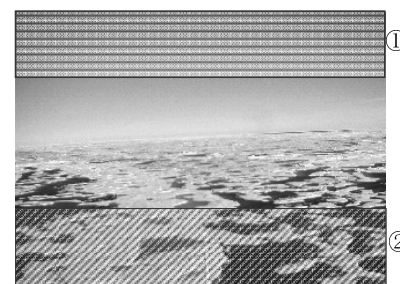


図2 船前方の海氷状況を撮影したカメラ画像  
と解析範囲

の結氷に使われるものとして仮定する。

#### 4. 結果

図4に自動判別により算出した2005年、2008年、2009年の海水およびメルトポンドの割合を示す。2005年において高密度度海水域（90%以上）は、図4の緯度78°から84°の区間で連続して見られる。メルトポンドは、北極点付近まで形成されている。2008年においては、85°付近までメルトポンドが形成させている。2009年においては結氷が始まった後の観測であるため、メルトポンドはほぼ見られない。

図5に2005年の(a)緯度、(b)熱収支4成分の結果、(c)見積もった1日のメルトポンド結氷率を示す。図5(b)より熱収支は負のフラックスを示している。そのため、海水表面ではメルトポンドの結氷が始まっていると考えられる。また、8月中旬からメルトポンド表面が凍り始めている(Perovich, 2003; Inoue, 2008)という報告もある。そこで、メルトポンド結氷率を調べた。ここでは、負のフラックスを全凝固熱とする。Perovich(2003)では、8月中旬から9月下旬の間に、メルトポンドが20cmの厚さに成長したという結果が得られており、平均結氷率にすると0.43cm/dayと計算できる。本研究では、図5(c)より2005年において観測期間中2.0cm/dayから6.0cm/dayというメルトポンド結氷率が得られた。この結果からメルトポンドが存在しない場合の熱収支計算から結氷率を求めた。その結果、メルトポンドのある場合とない場合の結氷率の違いは、1日最大0.23cm/dayの違いが得られた。これは観測期間中のメルトポンド結氷率の約3.8%から11.5%の違いがあり、2005年においてはメルトポンドにより結氷が最大11.5%阻害されると考えられる。

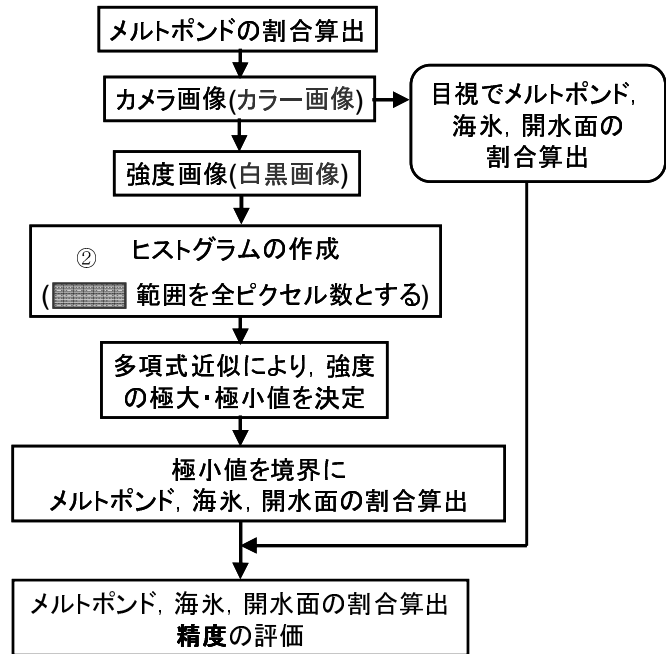


図3 船前方画像を用いてメルトポンド、海水、開水面の割合を自動判別により算出する方法

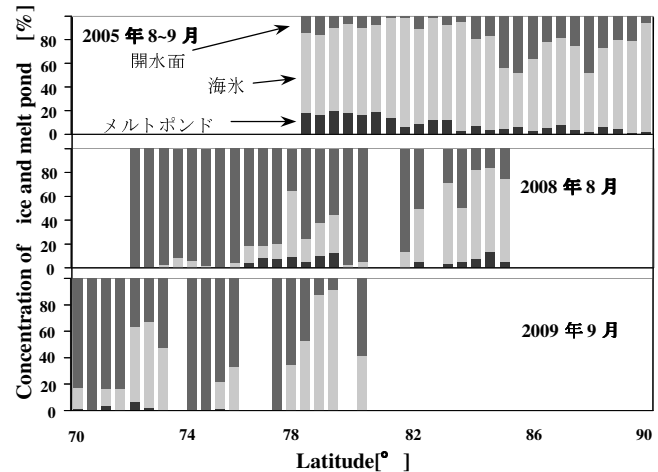


図4 各年の緯度の違いによる海水密度とメルトポンドの割合

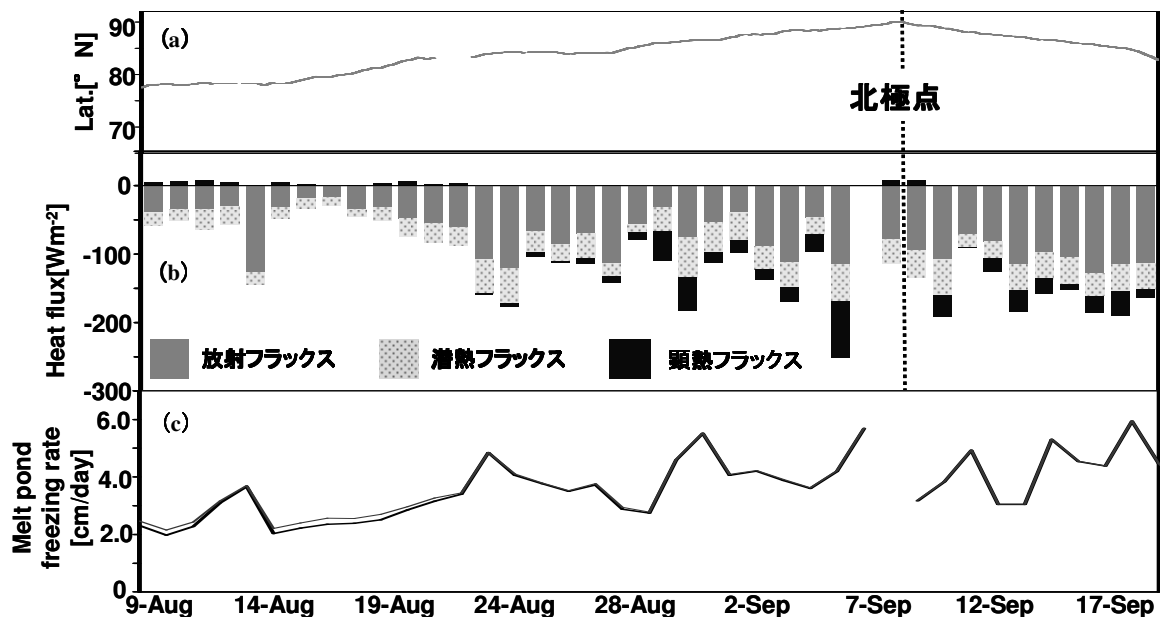


図5 2005年における(a)緯度、(b)熱収支4成分の値、(c)見積もったメルトポンド結氷率